



Выбор конструкции промежуточного скрепления методами вибродиагностики



Александр ЗАМУХОВСКИЙ
Aleksandr ZAMUHOVSKIY

Айгуль ЖАНГАБЫЛОВА
Aygul ZHANGABYLOVA



Замуховский Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Жангабылова Айгуль Мамытовна – аспирант кафедры «Путь и путевое хозяйство» МИИТ, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Республика Казахстан.

Choosing the Design of an Intermediate Fastening by Vibrodiagnostics Methods
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 37)

В статье рассматриваются основные положения методики вибродиагностики железнодорожного пути на участках сопряжений упругих промежуточных рельсовых скреплений Фоссло W14 и ЖБР65-Ш, Pandrol Fastclip и КПП-5, делается сравнение по наиболее значимым оценочным критериям результатов вибродиагностики с результатами прохода путеизмерительного вагона на железнодорожных участках Казахстана.

Прогнозируются перспективы использования вибродиагностики на линиях с высокими динамическими параметрами эксплуатационной нагрузки.

Ключевые слова: железнодорожный путь, вибродиагностика, динамические параметры, оценочные критерии, промежуточные рельсовые скрепления, спектральная плотность, коэффициент затухания.

В соответствии со стратегией развития транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года планируется строительство новых и реконструкция действующих железных дорог, а также модернизация инфраструктуры. Одним из направлений стратегии является развитие сети скоростного и высокоскоростного движения поездов. Организация такого движения на сети железных дорог Казахстана тесно связана с обеспечением необходимого уровня надежности пути, его земляного полотна и верхнего строения, оказывающих значительное влияние на безопасность движения.

Железные дороги развитых стран постоянно ищут возможности использования передовых технологий, вкладывают средства в приобретение датчиков и измерительных систем разных конструкций, позволяющих решать некоторые частные проблемы, но пока что ощущается недостаток в таких технических средствах, которые могли бы решить проблему в комплексе, с получением от этого всего серьезных потенциальных выгод. Такие датчики и измерительные системы широко используются, к примеру, на грузовых железных дорогах Север-

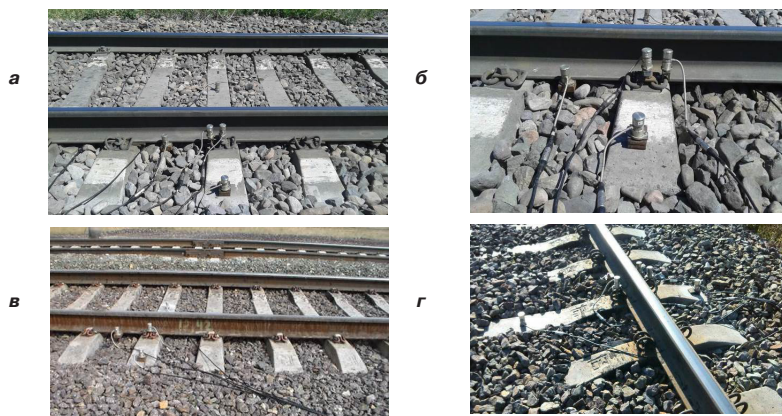


Рис. 1. Варианты установки вибродатчиков:
 а) промежуточное скрепление Фоссло W-14; б) ЖБР65-Ш; в) Pandrol Fastclip; г) КПП-5.

ной Америки в соответствии с действующим с 1994 года руководящим документом AAR41as о критериях изъятия колес на основе показаний детекторов. Железные дороги США получают существенную экономию за счет увеличения срока службы колес и рельсов [1].

Вибрации, возникающие в элементах железнодорожного пути (рельсах, шпалах, рельсовых скреплениях и т.д.) при прохождении поездной нагрузки, в значительной мере влияют на прочность, а следовательно, и на долговечность работы как самих элементов, так и железнодорожного пути в целом [2–5]. Профессор Г. М. Шахунянц отмечал, что неблагоприятное влияние вибраций сказывается как на сопротивляемости пути поездным нагрузкам в продольном и поперечном направлениях (угон, изменение положения в плане и ширины колеи), так и на стабильности и прочности промежуточных и стыковых рельсовых скреплений [6].

В данной работе приведены некоторые результаты измерений механических колебаний (вибраций) элементов пути на двух участках сопряжений различных типов промежуточных рельсовых скреплений при воздействии подвижной нагрузки и основные положения методики оценки отклика его конструктивных элементов на это воздействие.

Исследования выполнялись на магистральных линиях АО «НК «Казахстанские железные дороги» с использованием мобильного виброизмерительного комплекса. Такой комплекс состоит из датчиков вибрации (велосиметров) МВ-25Д-В, которые преобразуют воздействующие на них механические колебания (вибрацию) в электри-

ческий сигнал. Преобразование аналогового сигнала в цифровую форму осуществляется в электронном блоке АЦП модели Е-14–440. Сбор цифровых данных с АЦП, общее управление измерениями и обработка сигналов реализовываются при помощи специального программного обеспечения персонального компьютера типа «Notebook».

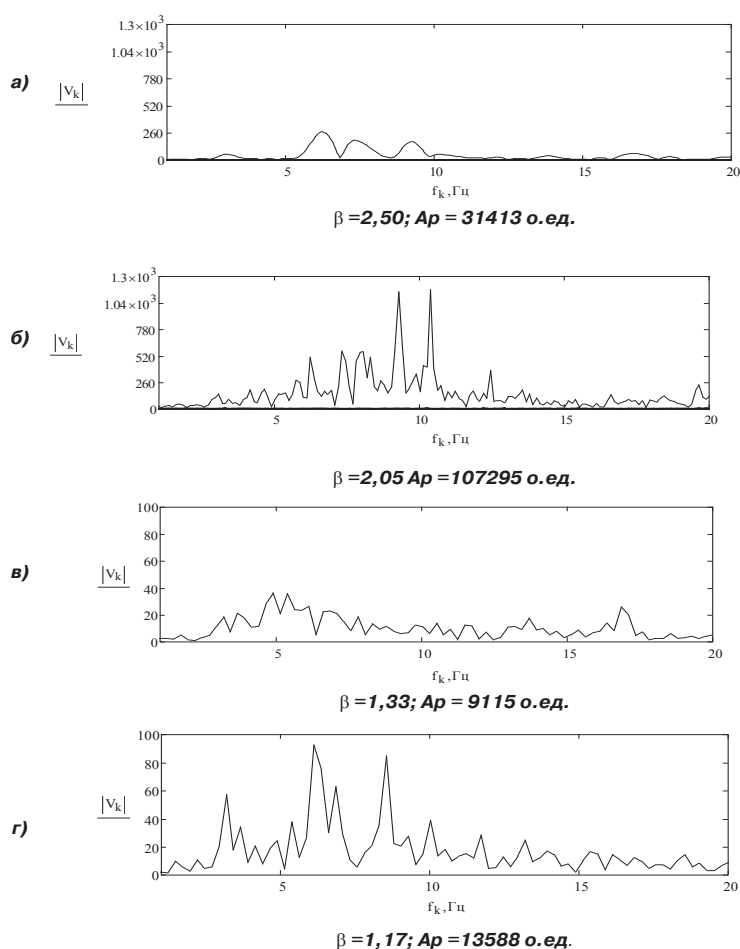
Датчики вибрации устанавливаются в двух сечениях исследуемого участка железнодорожного пути в соответствии с разработанной схемой. Схема установки датчиков зависит от задач исследования и может варьироваться в процессе проведения вибродиагностики в достаточно широких пределах (рис. 1). С целью минимизации взаимного влияния колебаний конструкций с различными типами рельсовых скреплений на участках сопряжения расстояние между сечениями должно быть максимально возможным, а длина измерительного тракта не влиять на результат измерений. Производятся записи (не менее пяти) процесса колебаний элементов железнодорожного пути от воздействия поездной нагрузки.

Аналоговый сигнал с вибродатчиков в АЦП преобразуется в цифровую форму и приводится к реальным значениям виброскорости по калибровочным коэффициентам, выведенным для каждого датчика в процессе их тарировки. Производится построение амплитудно-временных зависимостей (виброграмм) для каждого элемента в отдельности (для рельсов, шпал, рельсовых скреплений).

С использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) производится построение графиков спектральной плотности дисперсии сигнала (амплитудно-



Рис. 2. График спектральной плотности виброскорости колебаний подошвы рельса конструкций пути со скреплениями Фоссло W14 (а) и ЖБР-65ШД (б), Pandrol Fastclip (в), КПП-5 (г) при проходе электровоза ВЛ-80° со скоростью 85 км/ч.



частотных зависимостей) — спектров виброскорости. Вычисляется среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости. При помощи операции интегрирования численным методом амплитудно-временных зависимостей виброскорости производится построение графиков амплитудно-временной зависимости виброперемещения (осциллограмм), а затем с помощью БПФ строятся графики спектра виброперемещения (амплитудно-фаза-частотные зависимости виброперемещения).

Далее, после предварительной фильтрации оцифрованного сигнала с вибродатчиков в нижнем диапазоне частот (от 0 до 1000 Гц) на основе дифференцирования производится построение графиков амплитудно-временной зависимости виброускорения (акселерограмм). С использованием БПФ строятся графики амплитудно-фаза-частотных зависимостей виброускорения — спектров виброускорения (графиков спек-

тральной плотности дисперсии). Вычисляется СКЗ виброускорения.

Следует отметить, что БПФ представляет собой аппроксимацию действительного преобразования Фурье на конечном интервале времени Δt и, следовательно, для повышения точности аппроксимации расстояние между точками должно быть как можно меньше. Кроме того, алгоритмы БПФ требуют, чтобы количество точек было равно 2 в степени N , т.е. $n = 2^N$, где N есть целое число. Как результат переход при анализе сигнала из временной области в частотную область может происходить в реальном времени. Проблема «растекания» спектра решается применением такой технологии записи сигнала, при которой записывающая аппаратура начинает и заканчивает запись при уровне сигнала, близком к нулю.

Измерения и анализ колебаний (вибраций) элементов верхнего строения пути на ряде участков сопряжений с различными типами промежуточных рельсовых скрепле-

Таблица 1

**Данные технического состояния железнодорожного пути по результатам прохода
путеизмерительного вагона и вибродиагностики участков сопряжения**

Участок		1-й участок (УПЧ-46)		2-й участок (УПЧ-30)	
Тип скрепления		Фоссло W-14 (4035 км)	ЖБР-65ШД (4036 км)	Pandrol Fastclip (227км)	КПП-5 (228км)
Техническая характеристика пути: класс; группа и категории пути		1Б1		1В2	
Рельсы типа Р-65, бесстыковой путь		Р-65		Р-65	
Скорость локомотива; км/ч		85		85	
Пропущенный тоннаж; млн т • км брутто		305,4		236,4	
Год последнего капитального ремонта пути		2006		2010	
Бальная оценка состояния пути (за июль первый участок, за август второй участок), 2015 год		10	40	40	150
Критерии оценки	n, шт	28	39	35	47
	ωш, мм/с	39,24	56,32	59,02	83,35
	ωр, мм/с	98,1	115,82	78,72	97,6
	β	2,50	2,05	1,33	1,17
	Ар, о.ед.	31413	107296	9115	13588
	Аш, о.ед.	15646	34955	7918	9643
	γ = Ар/Аш	2,01	3,07	1,15	1,40

Примечание: *n* — количество выявленных неисправностей 2-й степени по итогам за июль (1-й участок) и август (2-й участок) 2015 года; *ωш* — среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости колебаний шпалы; *ωр* — среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости колебаний рельса; *β* — коэффициент затухания; *Ар* — площадь спектральной плотности дисперсии (спектр виброскорости) рельса; *Аш* — площадь спектральной плотности дисперсии (спектр виброскорости) шпалы; *γ* — отношение площади спектра виброскорости рельса к площади спектра виброскорости шпалы.

ний позволил выявить их основные закономерности и рекомендовать следующие критерии оценки для сравнения работы конструкций пути в динамике:

- пиковые и среднеквадратические значения виброскорости колебаний рельса в центре междушпального ящика и в середине шпалы на оси пути, характеризующие изгибные колебания данных элементов и возникающие в них механические напряжения;

- коэффициент затухания *β* амплитуды виброскорости колебаний рельса по отношению к колебаниям шпалы, площади спектров виброскорости колебаний рельса *Ар* и шпалы *Аш* в диапазоне частот до 20 Гц и их отношение, характеризующие изменение колебательной мощности и демпфирование вибрации вследствие рассеяния механической энергии;

- отношение динамических сил, возникающих при движении поезда на подошве рельса в центре междушпального ящика, к статическим силам, характеризующее силовое динамическое воздействие на рельс;

- отношение динамических сил, возникающих при движении поезда в середине

шпалы на оси пути, к статическим силам, характеризующее силовое динамическое воздействие на шпалу.

На рис. 2 приведены графики спектральной плотности виброскорости (спектры мощности) колебаний подошвы рельса на участках сопряжения конструкций пути со скреплениями Фоссло W14 и ЖБР65-Ш, Pandrol Fastclip и КПП-5 при проходе электровагона ВЛ-80° со скоростью 85 км/ч.

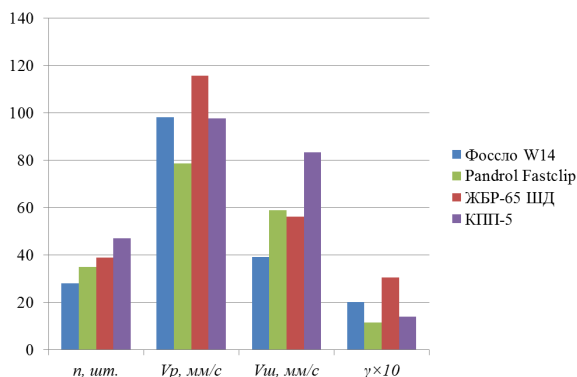
Сравнивая отклик конструкций пути на участках сопряжения по площади *Ар* спектра мощности и коэффициенту затухания *β* амплитуды виброскорости колебаний рельса по отношению к колебаниям шпалы, можно сделать вывод, что скрепление Фоссло W14 при скорости электровагона 85 км/ч лучше гасит вибрации, чем скрепление ЖБР-65ШД (рис. 2а, б). Из сравнения по тем же параметрам участков со скреплениями Pandrol Fastclip и КПП-5 следует, что наилучшими демпфирующими свойствами, то есть лучшей способностью гасить вибрации, обладает участок пути со скреплением Pandrol Fastclip (рис. 2в, г).

Сейчас на железных дорогах Казахстана применяется компьютеризированный вагон-





Рис. 3. Взаимосвязь итогового количества отступлений 2-й степени и результатов вибродиагностики верхнего строения пути на участках сопряжения различных конструкций рельсовых креплений.



лаборатория КВЛ-П2.1 (путеизмерительный вагон № 056), в котором автоматизированы сбор, расшифровка, хранение и соотнесение с нормативами данных, получаемых измерительными средствами вагона [7–9].

В таблице 1 приведены данные технического состояния железнодорожного пути по результатам прохода путеизмерительного вагона и вибродиагностики участков сопряжения конструкций пути с различными типами рельсовых креплений.

На рис. 3 показаны диаграммы взаимосвязи итогового количества отступлений 2-й степени и оценочных критериев, полученных в результате проведения вибродиагностики верхнего строения пути на участках сопряжения. Из приведенных диаграмм видно, что оценочные критерии, принятые при проведении вибродиагностики, вполне адекватно отражают состояние пути, определенное по результатам прохода путеизмерительного вагона.

ВЫВОДЫ

Внедрение предлагаемой методики вибродиагностики даст возможность производить экспресс-анализ состояния железнодорожного пути на участках с различными типами рельсовых креплений по динамическим параметрам и позволит принимать наиболее оптимальные решения при планировании работ по текущему содержанию и ремонтам пути с учетом воздействия обращающегося подвижного состава.

Принятые оптимальные конструктивные решения приведут к увеличению срока эксплуатации и уменьшению затрат на текущее

содержание пути и повышению уровня безопасности железнодорожного транспорта в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kalay, S., Samuels, J. Railway Track & Structures, 2002, № 3, p. 13–16. http://cargovibes.eu/_Uploads/dbsAttachedFiles/D0301_APT_M27.pdf. Доступ 27.06.2016.
2. EN13146–3:2002 Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 3: Determination of attenuation of impact loads. [Электронный ресурс]: https://webshop.ds.dk/Files/Files/Products/M242496_attachPV.pdf. Доступ 27.06.2016.
3. EN13481–6:2002 Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems – Part 6: Special fastening systems for attenuation of vibration. [Электронный ресурс]: <http://catalogue.normdocs.ru/content?id=com.normdocs.bsi.card.dd.env.13481–6.2002>. Доступ 27.06.2016.
4. ISO 2017–2 Mechanical vibration and shock – Resilient mounting systems – Part 2: Technical information to be exchanged for the application of isolation vibration associated with railways systems. [Электронный ресурс]: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=93&ics2=100&ics3=&number=36647. Доступ 27.06.2016.
5. NS8176:1999 Vibration and shock – Measurement of vibration in buildings from land based transport and guidance for evaluation of its effects on human beings. [Электронный ресурс]: <http://www.aucklandcouncil.govt.nz/EN/planspoliciesprojects/plansstrategies/unitaryplan/Documents/Section32report/Appendices/Appendix%203.43.2.pdf>. Доступ 27.06.2016.
6. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 236 с.
7. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. – М., Транспорт, 1997. – 42 с.
8. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути (ЦП-774). Утв. ЦП МПС РФ от 1.06.2000 г.
9. Методика автоматической оценки состояния рельсовой колеи по Инструкции ЦП-515. НПЦ Инфотранс 1998 г. Утв. ЦП МПС 30.10.1998 г.

Координаты авторов: **Замуховский А. В.** – miit.ppx@gmail.com,
Жангабылова А. М. – zhangabylova82@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.06.2016, принята к публикации 25.08.2016.

CHOOSING THE DESIGN OF AN INTERMEDIATE FASTENING BY VIBRODIAGNOSTICS METHODS

Zamuhovsky, Aleksandr V., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Zhangabylova, Aygul M., Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tyntyshpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan.

ABSTRACT

The article considers the main provisions of methods of vibration diagnostics of a railway track in the areas of conjugation of elastic intermediate rail fastenings Fossloh W14 and ZHBR65-SH, Pandrol Fastclip and KPP-5, a comparison is made according

to the most important evaluation criteria of the results of vibration diagnostics with the results of passage of a track measuring car on the railway sections in Kazakhstan. The prospects for the use of vibration diagnostics on lines with high dynamic parameters of the operational load are forecasted.

Keywords: railway track, vibration diagnostics, dynamic parameters, assessment criteria, intermediate rail fastening, spectral density, attenuation coefficient.

Background. In accordance with the development strategy of the transport system of the Republic of Kazakhstan up to 2020, construction of new and reconstruction of existing railways, as well as modernization of infrastructure are planned. One of the directions of the strategy is development of a network of speed and high-speed train traffic. The organization of such traffic on the railway network of Kazakhstan is closely connected to the required level of reliability of the track, its subgrade and superstructure, having a significant impact on traffic safety.

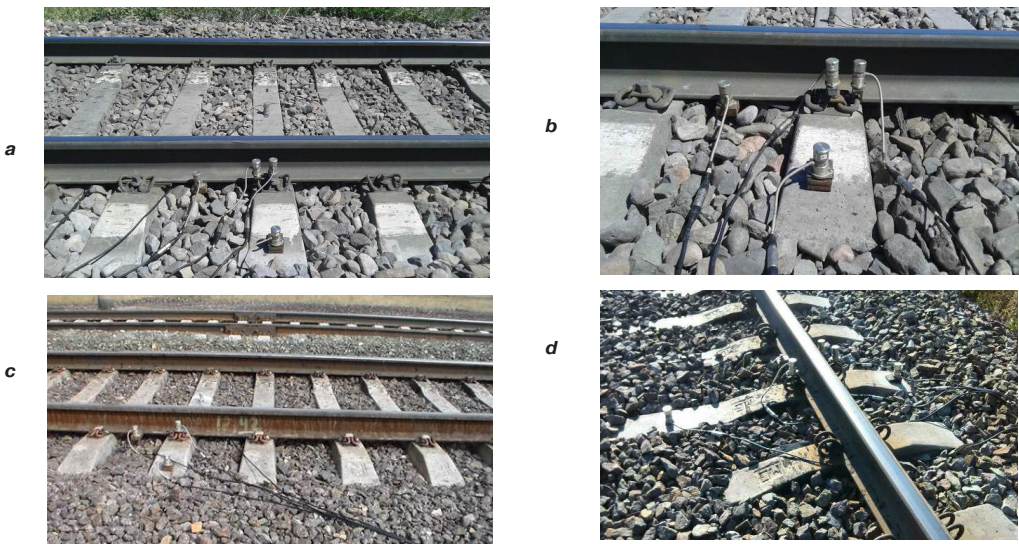
The railways of developed countries are constantly looking for opportunities to use advanced technology, investing in the acquisition of sensors and measuring systems of different designs that solve some particular problems, but so far there is a lack of such technical means that could solve the problem in its integrity, with obtaining from this all serious potential benefits. Such sensors and measuring systems are widely used, for example, on freight railways in North America in accordance with guidance document of AAR41as since 1994 on the criteria for withdrawal of wheels on the basis of detector readings. US railways get substantial savings by increasing the service life of wheels and rails [1].

Vibrations occurring in the railway track elements (rails, sleepers, rail fastenings, etc.) while passage of train loads, greatly affect strength, and hence durability of both the work element and the whole railway track [2–5]. The professor G. M. Shakhunyants noted that the adverse influence of vibrations affects both the resistance of the track to the train loads in the longitudinal and transverse directions (creepage, change of position in plan and width of gauge), and stability and strength of the intermediate and butting rail fastenings [6].

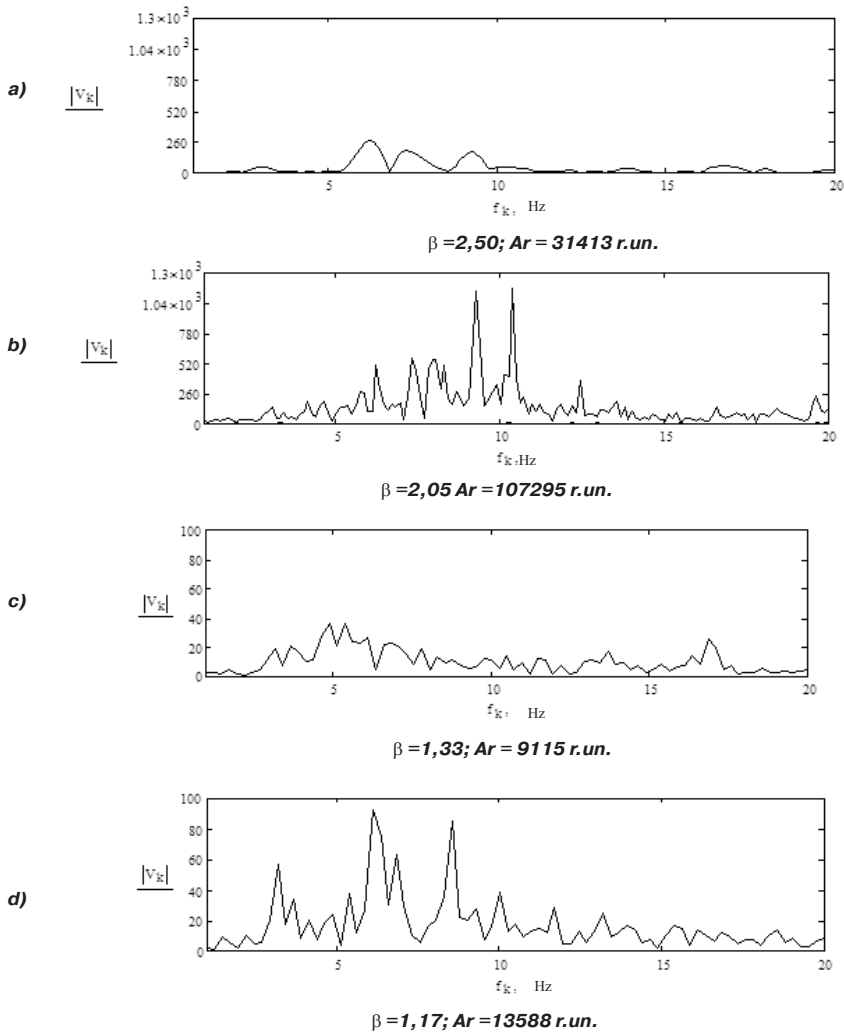
Objective. In this paper the authors present some results of measurements of mechanical oscillations (vibration) of track elements in two areas of different types of conjugation of intermediate rail fastenings under the influence of the moving load and the basic provisions of the response assessment methods of its structural elements to this effect.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, vibration diagnostics methods, comparative method, modeling, analytical method.

Results. Research was carried out on the main lines of JSC «NC «Kazakhstan Railways» with the use of mobile vibration measurement complex. This complex consists of vibration sensors (velocimeters) MV-25D-V, which convert



Pic. 1. Options of vibration sensors installation: a) – intermediate fastening Fossloh W-14; b) – ZHBR65-SH; c) – Pandrol Fastclip, d) KPP-5.



Pic. 2. The graph of the spectral density of vibration speed of rail base oscillation of track structure with fastenings Fossloh W14 (a) and ZHBR-65SHD (b), Pandrol Fastclip (c), KPP-5 (d) when an electric locomotive VL-80^c at a speed of 85 km/h passes.

mechanical oscillation (vibration) transforming them into an electric signal. Analog signal digitization is done in the electronic unit of ADC model E-14-440. Collection of digital data from the ADC, the overall management of measurements and signal processing are realized using a special PC software such as «Notebook».

Vibration sensors are installed at two sections of the test section of a railway track in accordance with the proposed scheme. The scheme of the sensors installation depends on the objectives of the study and may vary in the course of vibration diagnostics in a fairly wide range (Pic. 1). In order to minimize interference of oscillations of structures with different types of rail fastenings on the coupling parts the distance between the sections should be the maximum possible, and the length of the measuring path does not affect the measurement result. Records (at least five) of the process of oscillation of elements of the railway track from the impact of the train load are done.

The analog signal from the vibration sensors to the ADC is converted to a digital form and provided to the real values of the vibration speed on the basis

calibration coefficients derived for each sensor during its calibration. The construction of amplitude-time dependencies (vibrograms) for each element is made separately (for rails, sleepers, rail fastenings).

With the use of a Fast Fourier Transform (FFT) the construction of spectral density of dispersion of the signal graphs (amplitude-frequency dependency) – vibration spectra is carried out. RMS of vibration speed is calculated. With the integration operation by the numerical method of amplitude-time dependencies of vibration speed the construction of amplitude-time dependence of vibration displacement (oscillogram) is done, and with the use of FFT graphs of vibration displacement spectrum (amplitude-phase-frequency dependencies of vibration displacement) are constructed.

Further, after the pre-filtering of the digitized signal from the vibration sensors in the lower frequency range (from 0 to 1000 Hz) based on the differentiation graphing of the amplitude-time-dependency of vibration acceleration (accelerograms) is produced. Using FFT graphs of amplitude-phase-frequency dependencies of vibration acceleration – vibration acceleration spectra (spectral dispersion

Table 1

The technical state data of railway track as a result of the passage of the track measuring car and vibration diagnostics of interface areas

Section		1 st section (UPCH-46)		2 nd section (UPCH-30)	
Fastening type		Fossloh W-14 (4035 km)	ZHBR-65SHD (4036 km)	Pandrol Fastclip (227km)	KPP-5 (228km)
Technical characteristics of the track: class; group and category of a track		1B1		1B2	
Rails R-65, jointless track		P-65		P-65	
Locomotive speed; km/h		85		85	
Passed tonnage; million tons • km.brutto		305,4		236,4	
Year of the last overhaul of the track		2006		2010	
Score of track state (in July the first section, the second section in August) 2015		10	40	40	150
Assessment criteria	n, pcs	28	39	35	47
	vs, mm/s	39,24	56,32	59,02	83,35
	vr, mm/s	98,1	115,82	78,72	97,6
	β	2,50	2,05	1,33	1,17
	Ar, r.un.	31413	107296	9115	13588
	As, r.un.	15646	34955	7918	9643
		2,01	3,07	1,15	1,40

Note: *n* – number of detected faults of the 2nd degree on the outcome of July (1st section) and August (2nd section) 2015; *vs* – RMS of vibration speed of sleeper oscillation; *vr* – RMS of vibration speed of rail oscillation; *β* – at-
tenuation coefficient; *Ar* – area of spectral density of dispersion (spectrum of vibration speed) of a rail; *As* – area of
spectral density of dispersion (spectrum of vibration speed) of a sleeper; *τ* – ratio of spectrum area of vibration speed
of a rail to spectrum area of vibration speed of a sleeper.

density graphs) are constructed. The RMS of vibration acceleration is calculated.

It should be noted that the FFT represents a valid Fourier transform approximation for a finite time interval Δt , and hence to improve the accuracy of approximation the distance between the points should be as small as possible. Furthermore, FFT algorithms require that the number of points is equal to 2 in the degree *N*, i.e. $n = 2^N$, where *N* is an integer. As a result transition in the analysis of the signal from the time domain to the frequency domain can occur in real time. The problem of «spreading» of the spectrum is achieved using a signal recording technology, in which the recording equipment starts and stops recording when the signal level is close to zero.

Measurement and analysis of oscillations (vibration) of the superstructure elements of the track in a number of areas of conjugation with different types of intermediate rail fastenings revealed their basic patterns and a the following criteria for evaluation to compare work of track structures in the dynamics:

- peak and RMS values of vibration speed of oscillations of the rail at the center of the between sleeper box and in the middle of the sleeper on the track axis, characterizing the bending vibrations of these elements and the resulting mechanical stresses in them;
- damping coefficient *β* of amplitude of vibration speed of oscillations of a rail in relation to oscillations of a sleeper, areas of spectra of vibration speed of oscillation of a rail *Ar* and a sleeper *As* in the frequency range up to 20 Hz and their ration, characterizing the change of the vibrational capacity and vibration damping due to dissipation of mechanical energy;
- ratio of the dynamic forces generated when a train is moving on the rail base in the center of the

between-sleeper box, to static forces, characterizing the dynamic force impact on the rail;

- ratio of the dynamic forces generated when a train is moving in the middle of the sleepers on the rail axis, to static forces, characterizing the dynamic force effect on the sleeper.

Pic. 2 shows the graphs of the spectral density of vibration speed (power spectra) of the rail base fluctuations in the areas of interface of track structures with fastenings Fossloh W14 and ZHBR65-SH, Pandrol Fastclip and KPP-5, with the passage of an electric locomotive VL-80^с at a speed of 85 km/h.

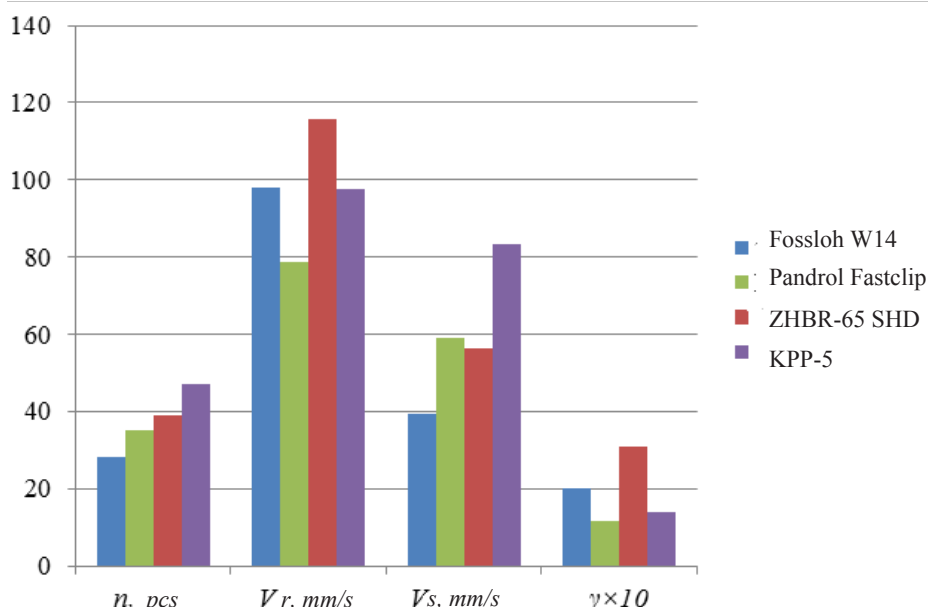
Comparing the response of track structures in the areas of interface on the area *Ar* of the power spectrum and attenuation coefficient *β* of amplitude of vibration speed of rail vibrations in relation to the sleepers fluctuations, it can be concluded that the fastening Fossloh W 14 at a speed of electric train of 85 km/h damps vibrations better than the fastening d ZHBR-65SHD (Pic. 2a, b). From comparison to the same parameters of sections with fastenings Pandrol Fastclip and KPP-5 it follows that the best damping properties that is the best ability to dampen vibration, has a track section with fastening Pandrol Fastclip (Pic. 2c, d).

Now a computerized car laboratory KVL-P2.1 (track measuring car № 056) is used on the railways of Kazakhstan, where collection, decoding, storage and correlation with data standards, obtained by means of measurement of the car [7–9], are automated.

Table 1 shows the technical status data of railway track as a result of the passage of the track measuring car and vibrodiagnostics of areas of conjugation of track structures with different types of rail fastenings.

Pic. 3 shows the correlation diagram of the final number of derogations of the 2nd degree and the assessment criteria resulting from vibration





Pic. 3. The relationship of the final number of derogations of the 2nd degree and results of vibration diagnostics of the track superstructure on the sites of conjugation of various designs of rail fastenings.

diagnostics of track superstructure on the conjugation areas. The above diagrams show that the assessment criteria adopted during the vibration diagnostics, adequately reflect the state of the track defined by the results of the passage of a track measuring car.

Conclusions. Implementation of the proposed methodology of vibration diagnostics will make it possible to produce a rapid analysis of a railway track in areas with different types of rail fastenings on dynamic parameters and allow to make optimal decisions when planning the maintenance and repair of the track, taking into account the impact of circulating rolling stock.

Made optimal design decisions will lead to an increase in service life and reduction of the costs of current maintenance of track and improvement of safety of rail transport on the whole.

REFERENCES

1. Kalay, S., Samuels, J. Railway Track & Structures, 2002, № 3, pp. 13–16. http://cargovibes.eu/_Uploads/dbsAttachedFiles/D0301_APT_M27.pdf. Last accessed 27.06.2016.
2. EN13146–3:2002 Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 3: Determination of attenuation of impact loads. [Electronic resource]: https://webshop.ds.dk/Files/Files/Products/M242496_attachPV.pdf. Last accessed 27.06.2016.
3. EN13481–6:2002 Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems – Part 6: Special fastening systems for attenuation of vibration. [Electronic resource]: <http://catalogue.normdocs.ru/>

content?id=com.normdocs.bsi.card.dd.env.13481–6.2002. Last accessed 27.06.2016.

4. ISO 2017–2 Mechanical vibration and shock – Resilient mounting systems – Part 2: Technical information to be exchanged for the application of isolation vibration associated with railways systems. [Electronic resource]: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=93&ics2=100&ics3=&csnumber=36647. Last accessed 27.06.2016.

5. NS8176:1999 Vibration and shock – Measurement of vibration in buildings from land based transport and guidance for evaluation of its effects on human beings. [Electronic resource]: <http://www.aucklandcouncil.govt.nz/EN/planspoliciesprojects/plansstrategies/unitaryplan/Documents/Section32report/Appendices/Appendix%203.43.2.pdf>. Last accessed 27.06.2016.

6. Shakhunyan, G. M. Railway track [Zheleznodorozhny put']. Moscow, Transport publ., 1987, 236 p.

7. Instructions for decoding tapes and assessment of the state of the track on readings of a track measuring car TSNII-2 and measures to ensure traffic safety [Instrukcija po rasshifrovke lent i ocenke sostojanija rel'sovoj kolei po pokazanijam puteizmeritel'nogo vagona CNII-2 i meram po obespecheniju bezopasnosti dvizhenija poezdov]. Moscow, Transport publ., 1997, 42 p.

8. Instruction for the current maintenance of railway track (CP-774) [Instrukcija po tekushhemu sodержaniju zheleznodorozhnogo puti (CP-774)]. Approved by Railway Ministry dated 01.06.2000.

9. Method of automatic assessment of the state of the track gauge according to the instruction CPU-515. NPC Infotrans 1998 [Metodika avtomaticheskoy ocenki sostojanija rel'sovoj kolei po Instrukcii CP-515. NPC Infotrans 1998g.]. Approved by CPU MPS30.10.1998.

Information about the authors:

Zamuhovsky, Aleksandr V. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, miit.ppx@gmail.com.

Zhangabylova, Ayyul M. – Ph.D. external student at the department of Track and track economy of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tyntyshepaev, Almaty, Republic of Kazakhstan, zhangabylova82@mail.ru.

Article received 27.06.2016, accepted 25.08.2016.